倪海球(1);李军国(1, 2);于纪宾(1);于治芹(1);王　昊(1);商方方(1)金川牦牛肋数、年龄对血清、被毛矿物元素含量的影响及血清与被毛矿物元素含量的相关性

肖　芳[1]　汤　承[1]　王全惠[2]　杨国萍[3]　兰道亮[1]　李　键[1]　黄艳玲[1*]

（1.西南民族大学生命科学与技术学院，成都 610041；2.金川畜牧兽医局，金川 624100；3.若尔盖县畜牧兽医服务中心，若尔盖 624500）

摘　要：本试验旨在分析金川县牦牛血清和被毛的矿物元素含量，探讨肋数和年龄对元素含量的影响，并对被毛矿物元素含量与血清中相应元素含量的相关性进行分析。采用二因素有重复试验设计，将 32 只公牦牛进行分组，按照肋数[14 肋（n=17）和 15 肋（n=15）]和年龄[0(初生)~2 岁（n=10）、3~4 岁（n=11）、5~6 岁（n=5）、7~8 岁（n=6）]共分为 8 组。分别采集血清及被毛样品，进行矿物元素含量分析。结果表明：1）肋数、年龄对血清中的钙（Ca）、铜（Cu）、铁（Fe）、钾（K）、镁（Mg）、锰（Mn）、钠（Na）、锌（Zn）的含量均无显著影响（$P>0.05$）；年龄和肋数间无互作（$P>0.05$）。2）肋数对被毛 Ca、Cu、Fe、Mg、Mn、Na、Zn 含量无显著影响（$P>0.05$）；年龄可影响被毛 K 含量，7~8 岁被毛 K 含量显著高于其他年龄段（$P<0.05$），但对被毛其他元素含量均无显著影响（$P>0.05$），年龄和肋数间无互作（$P>0.05$）。3）被毛 Ca、Cu、Fe、Mg、Zn 与血清中相应元素含量相关性极显著（$P<0.01$），相关系数分别为 0.623 0、0.539 8、0.569 2、0.468 4、0.505 3，而 K、Mn、Na 含量的相关性则不显著（$P>0.05$）。综合可知，金川 14 肋与 15 肋牦牛矿物元素含量无显著差异；7~8 岁被毛中的 K 含量显著升高；牦牛被毛、血清 Ca、Cu、Fe、Mg、Zn 含量具有显著的相关性，可由被毛代替血清测定相应的元素含量；金川牦牛 Cu、Mg、Na 可能处于缺乏状态，而 Fe 处于过量状态。

关键词：金川牦牛；血清；被毛；矿物元素含量

中图分类号：S823

收稿日期：2016-07-14

基金项目：西南民族大学中央高校基本科研业务费专项资金（2015NZYTD01）；牦牛遗传资源保护与利用创新团队项目（13CXTD01）；动物重大疫病防控创新团队项目（13TD0057）

作者简介：肖　芳（1992-），女，四川成都人，硕士研究生，从事微量元素营养与机体免疫研究。E-mail: 13981814194@163.com

*通信作者：黄艳玲，教授，硕士生导师，E-mail: swunylh@163.com

金川县位于青藏高原东部边缘地区，属于四川省阿坝州的管辖范围，海拔 3 500~4 700 m。该地区属季风气候，常年气候寒冷湿润，无绝对无霜期，年均温度为 0 ℃。金川县的热它牦牛是遗传性质稳定的一个牦牛类群，近年发现该类群中存在特有的多肋牦牛，即比一般的牦牛多出一对肋骨和一个胸椎。据调查，多肋牦牛的体格较大，身躯及腿部的肌肉附着良好，产肉量高，肉质鲜美细嫩，为生物学特性优良的独特地方类群[1]，但目前并不清楚多肋牦牛相对一般牦牛具有更好生产性能的原因。

矿物元素是动物生长发育所必需的营养物质，其不仅在机体的各种代谢活动中起着举足轻重的作用，而且在调节、编码和组成各种生物大分子等方面发挥着重要作用。金川县地处青藏高原，该地区牦牛大多处于自然放牧状态，牦牛通过采食牧草来满足自身的生长发育需要，而牧草中矿物元素的含量主要受当地土壤组成的影响。在青藏高原地区，不同地区的土壤组成差异很大，有些地区牧草中所含矿物元素不能满足动物机体的需求，造成了该地区的牦牛处于营养匮乏且矿物元素不均衡的状态[2-3]。矿物元素的缺乏或不均衡是导致牦牛生产性能低下、疾病发生甚至死亡的重要原因之一[3-4]。我们猜测多肋的 15 肋牦牛相对普通 14 肋牦牛具有更好生产性能的原因可能与其体内矿物元素含量有关，然而目前尚未有任何关于金川牦牛矿物元素含量的基础数据。

血清是目前估算机体矿物元素含量最常用且最实用的一种方式，但由于牦牛生活在高海拔地区，牦牛血液样本的大量采集和分类保存具有一定的困难，因此，希望找到替代血清的样本。动物被毛样本在离体后所含矿物质含量相对稳定，亦可从一定程度上反映机体的营养状态以及健康水平[5-6]，而且血清的矿物元素含量与被毛之间存在一定的相关性[7-9]，因此若能找到金川牦牛血清、被毛样本中含量显著相关的矿物元素，则能为牦牛营养代谢疾病的临床诊断工作的顺利开展提供便利。

鉴于以上情况，本试验对金川多肋牦牛血清、被毛矿物元素含量进行调查，探讨二者可能存在的关系，并分析矿物元素含量随肋数和年龄的变化情况，以期为金川牦牛的矿物元素含量提供一定的基础数据，正确地评估金川地区牦牛元素含量，为下一步的牦牛矿物元素补饲奠定基础。

1　材料与方法

1.1　试验设计

采用二因素有重复试验设计，按照肋数[14 肋（n=17）和 15 肋（n=15）]和年龄[0（初生）~2 岁（n=10）、3~4 岁（n=11）、5~6 岁（n=5）、7~8 岁（n=6）]，将 32 只公牦牛进行分组，共 8 组。牦牛为自然放牧牦牛。

1.2　样品采集

采集四川省阿坝州金川县毛日乡热它村嘎玛沟、公马沟、色下沟的 14 肋和 15 肋牦牛血清、头顶部被毛样品。被毛在牦牛顶枕部的 3 个部位靠近头皮处采集。采样位置为东经 101°13′~102°29′，北纬 31°08′~31°58′，海拔 3 600~4 000 m。被毛和血清样品的采集时间均为 2014 年 09 月。

1.3　样品处理

1.3.1　血清样品处理

分别采集各组牦牛颈静脉血液 5 mL 左右，室温静置 30 min，2 000×g 离心 15 min，取上清液，-20 ℃保存。

1.3.2　被毛样品处理

采集的被毛样品用中性洗涤剂清洗至水清澈透明，然后用去离子水漂洗 3 次，于 65 ℃烘干至恒重。剪碎，充分混匀，于干燥处保存。

1.4　样品消化

1.4.1　血清样品的消化

精确吸取血清样品 500 μL 于 50 mL 的烧杯中，加入 20 mL 的优级纯硝酸，盖上玻璃片，静置过夜后置于电热板中开始消化。消化起始温度为 80 ℃，5 h 左右后开始缓慢升温，至烧杯中有棕色烟雾时停止加热。待棕色烟雾完全消散时，再次开始缓慢升温，至 170 ℃停止升温。待烧杯中的液体烧至熔融状态时，停止消化，并用 5%的优级纯硝酸以 1:6 的比例稀释至 3 mL。4 ℃保存。空白样品制备时，只加入 20 mL 的优级纯硝酸，消化的过程以及最终的定容与血清的过程同，且同时制备。消化所用的玻璃器皿均在酸缸中浸泡 1 d 后方可使用。

1.4.2　被毛样品的消化

精确称量被毛样品 0.5 g 于 50 mL 烧杯中，加入 40 mL 优级纯硝酸，盖上玻璃片，静置过夜。消化过程同上。消化完成后，用 5%的优级纯硝酸定容至 25 mL。

1.5　元素含量的测定

已消化的血清、被毛样品中的元素采用电感耦合等离子体发射光谱仪（ICP-OES，美国 Thermo 公司）测定。

1.6　数据分析

采用 SAS 9.0 软件中混合模型（MIXED）程序对各项试验数据进行二因素有重复方差分析，每头牛为 1 个重复单位，模型中包括肋骨和年龄 2 个主因素以及两者间的互作。用相关性分析(CORR)程序分析被毛和血清中各元素的相关性，REG 程序做线性回归分析。方差分析差异显著时采用 LSD 法对各组间平均值进行多重比较，以 $P<0.01$ 为结果差异极显著，$P<0.05$ 为差异显著。试验结果均采用平均值±标准差表示。

2　结　果

2.1　肋数、年龄对血清矿物元素含量的影响

由表 1 可知，肋数、年龄对血清钙（Ca）、铜（Cu）、铁（Fe）、钾（K）、镁（Mg）、锰（Mn）、钠（Na）、锌（Zn）含量均无显著影响（$P>0.05$）；年龄和肋数间无互作（$P>0.05$）。

2.2　肋数与年龄对被毛元素含量的影响

由表 2 可知，肋数对被毛 Ca、Cu、Fe、K、Mg、Mn、Na、Zn 含量无显著影响（$P>0.05$）；年龄可影响被毛 K 含量，7~8 岁被毛 K 含量显著高于其他年龄段（$P<0.05$），但年龄对被毛 Ca、Cu、Fe、Mg、Mn、Na、Zn 含量无显著影响（$P>0.05$）；年龄和肋数间无互作（$P>0.05$）。

表 1　肋数、年龄对金川牦牛血清矿物元素含量的影响

Table 1　Effects of rib and age on serum mineral contents of *Jinchuan* yak　　μ g/mL

项目 Items		钙 Ca	铜 Cu	铁 Fe	钾 K	镁 Mg	锰 Mn	钠 Na	锌 Zn
14 肋 14 rib	0~2 岁 0 to 2 years old	117.01±8.05	0.55±0.08	12.50±4.57	262.27±69.70	21.12±1.56	0.23±0.05	2 946.58±302.79	2.07±0.42
	3~4 岁 3 to 4 years old	108.76±15.61	0.59±0.08	12.53±4.37	239.16±36.63	20.38±1.620	0.28±0.11	2 941.13±182.60	2.81±0.51
	5~6 岁 5 to 6 years old	113.63±19.42	0.56±0.37	12.48±3.69	335.11±66.60	23.82±2.10	0.23±0.11	2 912.70±261.77	2.25±1.33
	7~8 岁 7 to 8 years old	99.42±16.56	0.71±0.21	10.43±1.49	237.74±48.85	21.33±3.10	0.39±0.18	3 067.00±217.34	2.00±0.30
15 肋 15 rib	0~2 岁 0 to 2 years old	97.38±9.44	0.43±0.11	20.35±19.19	301.71±59.88	19.66±1.79	0.32±0.09	2 619.98±218.31	2.68±0.81
	3~4 岁 3 to 4 years old	95.37±14.27	0.52±0.15	11.97±6.85	238.51±96.89	19.55±2.71	0.42±0.22	2 839.61±125.78	2.24±0.68
	5~6 岁 5 to 6 years old	102.76±28.90	0.67±0.43	9.28±7.68	246.68±99.89	20.86±5.73	0.39±0.25	2 745.64±217.34	2.41±0.67
	7~8 岁 7 to 8 years old	102.14±13.78	0.48±0.25	8.10±1.96	267.50±51.53	21.45±2.33	0.19±0.02	3 065.37±241.69	2.78±0.93
肋数 Rib	14 肋 14 rib	109.98±14.83	0.59±0.15	12.12±3.72	262.64±61.60	21.37±2.17	0.27±0.11	2 964.33±224.30	2.36±0.63
	15 肋 15 rib	98.38±13.41	0.50±0.20	13.75±12.54	268.46±72.25	20.04±2.60	0.34±0.17	2 799.02±278.75	2.52±0.73
年龄 Age	0~2 岁 0 to 2 years old	106.10±13.26	0.49±0.11	16.43±13.78	281.99±64.69	20.39±1.76	0.27±0.09	2 783.28±302.58	2.38±0.69
	3~4 岁 3 to 4 years old	102.67±15.88	0.56±0.12	12.30±5.13	238.90±62.25	20.00±2.11	0.34±0.18	2 890.37±157.20	2.55±0.64
	5~6 岁 5 to 6 years old	109.28±20.81	0.61±0.36	10.88±5.26	299.74±84.01	22.64±3.61	0.31±0.18	2 829.17±377.05	2.33±0.86
	7~8 岁 7 to 8 years old	101.04±15.31	0.56±0.25	9.08±2.19	238.74±37.52	21.77±2.68	0.29±0.16	3 043.06±220.94	2.33±0.83
P 值 *P*-value	年龄 Age	0.744 0	0.615 4	0.469 4	0.382 9	0.301 8	0.627 4	0.199 9	0.939 9
	肋数 Rib	0.082 4	0.307 9	0.905 5	0.842 9	0.181 3	0.400 0	0.141 2	0.366 1
	互作 Interaction	0.566 3	0.552 7	0.618 7	0.356 0	0.774 6	0.143 3	0.609 2	0.168 2

同列数据肩标不同字母表示差异显著（P<0.05），相同或无字母表示差异不显著（P>0.05）。下表同。

Vales in the row with different letter superscripts mean significant difference (P<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference （P>0.05）. The same as below.

表 2　肋数、年龄对金川牦牛被毛矿物元素含量的影响

Table 2　Effects of rib and age on hair mineral contents of *Jinchuan* yak　μ g/g

项目 Items		钙 Ca	铜 Cu	铁 Fe	钾 K	镁 Mg	锰 Mn	钠 Na	锌 Zn
14 肋 14 rib	0~2 岁 0 to 2 years old	3 092.43±697.06	6.28±0.46	77.70±41.95	70.70±9.76	321.34±32.42	15.32±4.22	656.10±200.45	103.62±8.99
	3~4 岁 3 to 4 years old	2 615.71±661.92	6.27±0.86	77.07±28.65	67.21±14.70	245.04±32.50	13.91±4.06	647.11±184.49	107.08±17.17
	5~6 岁 5 to 6 years old	2 247.13±186.45	6.27±1.89	110.15±55.37	76.24±2.45	284.49±70.84	11.20±5.02	467.38±119.65	106.07±15.82
	7~8 岁 7 to 8 years old	2 459.16±672.87	6.04±0.36	68.78±9.26	78.84±12.98	291.16±39.90	15.97±0.99	568.78±337.83	95.26±10.38
15 肋 15 rib	0~2 岁 0 to 2 years old	2 443.82±420.29	5.48±0.29	98.63±37.93	63.21±9.59	248.03±19.28	16.70±3.90	703.64±123.07	101.12±13.57
	3~4 岁 3 to 4 years old	2 180.54±799.05	5.68±1.00	89.03±47.88	75.65±13.31	265.47±40.98	11.96±2.21	692.33±300.46	97.61±8.17
	5~6 岁 5 to 6 years old	2 097.00±439.82	6.19±0.81	93.25±63.60	65.67±8.87	272.20±22.91	10.70±1.65	612.70±262.05	112.95±6.24
	7~8 岁 7 to 8 years old	2 717.06±43.69	5.06±0.35	58.25±15.60	96.42±15.56	312.58±49.00	11.69±1.15	740.40±37.82	109.70±8.86
肋数 Rid	14 肋 14 rib	2 636.43±632.81	6.23±0.75	79.85±33.32	71.99±11.74	284.93±49.23	14.21±3.95	603.12±191.54	103.65±13.06
	15 肋 15 rib	2 364.47±546.05	5.56±0.70	86.64±40.27	74.33±16.65	269.98±39.18	13.07±3.35	695.11±191.50	103.24±11.00
年龄 Age	0~2 岁 0 to 2 years old	2 732.09±622.41	5.88±0.55	88.17±39.28	66.54±9.86 [b]	284.68±46.10	15.93±3.89	682.51±152.54	102.37±10.93
	3~4 岁 3 to 4 years old	2 417.91±725.33	6.00±0.93	82.51±36.97	71.43±13.95 [b]	255.25±36.48	13.02±3.35	667.66±231.70	102.77±14.09
	5~6 岁 5 to 6 years old	2 187.08±269.27	6.22±1.18	101.70±49.65	70.95±8.09 [b]	279.57±51.82	11.00±3.66	525.51±175.10	109.51±10.59
	7~8 岁 7 to 8 years old	2 657.50±499.09	5.57±0.70	63.33±14.35	83.30±13.43 [a]	309.60±41.49	14.48±2.22	656.51±221.63	102.03±13.03
P 值 *P*-value	年龄 Age	0.316 0	0.573 0	0.459 8	0.028 4	0.146 8	0.084 6	0.649 3	0.760 4
	肋数 Rib	0.290 6	0.053 5	0.928 2	0.685 4	0.468 2	0.320 7	0.218 3	0.629 1
	互作 Interaction	0.522 6	0.815 4	0.783 2	0.171 8	0.052 8	0.473 4	0.919 1	0.276 9

2.3 血清与被毛中矿物元素的相关性分析及回归分析

由表 3 可知，被毛 Ca、Cu、Fe、Mg、Zn 含量与血清相应元素的含量相关性极显著（$P<0.01$），r 分别为 0.623 0、0.539 8、0.569 2、0.468 4、0.505 3；而 K、Mn、Na 含量的相关性则不显著（$P>0.05$）。根据血清与被毛矿物元素含量建立回归方程，结果见表 4。

表 3 金川牦牛血清与被毛矿物元素含量相关性分析

Table 3 Correlation analysis of mineral contents between serum and hair of *Jinchuan* Yak

项目 Items	血清 Serum/（μg/mL）	被毛 Hair/（μg/g）	r	P 值 P-value
钙 Ca	104.37±15.17	2 505.00±598.71	0.623 0	0.000 2
铜 Cu	0.57±0.18	5.91±0.79	0.539 8	0.001 7
铁 Fe	12.88±8.85	83.13±36.39	0.569 2	0.001 0
钾 K	265.27±65.53	73.20±14.28	0.198 1	0.312 2
镁 Mg	20.77±2.43	277.69±44.56	0.468 4	0.009 0
锰 Mn	0.30±0.14	13.70±3.67	0.300 3	0.113 5
钠 Na	2 882.00±262.42	649.11±193.91	0.075 9	0.700 9
锌 Zn	2.44±0.67	103.46±11.91	0.505 3	0.003 7

表 4 金川牦牛血清(x, μg/mL)与被毛矿物元素含量(y, μg/g)回归分析

Table 4 Regression analysis of mineral contents between serum (x, μg/mL) and hair (y, μg/g) of *Jinchuan* Yak

项目 Items	回归方程 Regression equation	R^2	P 值 P-value
钙 Ca	Y=-7 749.023 01+177.887 98x-0.751 92x^2	0.524 6	<0.000 1
铜 Cu	Y=3.498 75+6.504 43x-3.490 16x^2	0.323 4	0.004 2
铁 Fe	Y=-20.809 53+10.721 02x-0.153 07x^2	0.715 0	<0.000 1
钾 K	Y=20.636 81+0.353 67x-0.000 554 94x^2	0.066 1	0.425 6
镁 Mg	Y=380.896 94-18.598 30x+0.642 31x^2	0.231 9	0.028 4
锰 Mn	Y=-2.139 54+93.404 01x-113.068 06x^2	0.436 5	0.000 6
钠 Na	Y=2 685.623 72-1.517 11x+0.000 280 29x^2	0.022 6	0.751 3
锌 Zn	Y=94.846 25-2.079 47x+2.145 78x^2	0.261 8	0.014 3

3 讨 论

3.1 肋数、年龄对血清矿物元素含量的影响

矿物元素在机体内承担着维持体液平衡和渗透压、酶活性以及机体的组成等不同的生物学功能。不同牛品种的血清矿物元素含量存在一定的差异。Mullis 等[10]对血清矿物元素的研究发现，安格斯牛血清 Cu 含量明显高于西门塔尔牛，而 Zn 和 Fe 含量不存在差异性。Littledike 等[11]也发现安格斯牛、瑞士黄牛、夏洛莱牛、德国黄牛、海福特牛、利木赞牛、无角红牛、西门塔尔牛血清中的矿物元素含量存在差异性，其中安格斯牛 Ca 和 Mg 含量最高，西门塔尔牛 Ca 含量最低，海福特牛 Mg 含量最低，但是 Cu 和 Zn 含量牛种间不存在差异性。本试验发现，金川 14 和 15 肋牦牛血清 Ca、Cu、Fe、K、Mg、Mn、Na、Zn 含量不存差异性，可能的原因是 14 和 15 肋牦牛都存在于同样的生活环境，采食着同样的牧草，并且都有着极

为相似的遗传背景。

关于牦牛血清矿物元素含量是否随着年龄的变化而变化的问题，现有的研究结果并不一致。胜廷智等[12]报道高原型牦牛血清 K、Na、Ca、磷（P）、氯（Cl）、Mg 含量在年龄间没有显著差异。但是，李莉等[13]的研究表明，青海互助白牦牛犊血清 P 含量显著高于成年牦牛。王桂华等[14]的研究同样表明，新疆巴州成年牦牛血清中 P 和 K 含量显著低于牛犊。本试验的结果表明，各年龄段牦牛的血清 Ca、Cu、Fe、K、Mg、Mn、Na、Zn 含量并不存在差异性，与胜廷智等[12]的研究结果相一致。

3.2　肋数、年龄对被毛矿物元素含量的影响

被毛矿物元素含量受到多种因素的影响。据 Combs[15]报道，矿物元素含量受到物种、性别、年龄、季节和营养状态以及激素含量的影响。Gabryszuk 等[5]的报道称，波兰美利奴绵羊和小尾寒羊的被毛矿物元素含量无差异性。Wells 等[16]关于美国 31 个农场的 11 个品种的 391 匹马的调查表明，不同品种间被毛 Ca、Mg、P、Cu、Zn、Fe、Mn 的含量有差异性；Asano 等[17]在马上的研究表明，除元素溴（Br）、Cl、K、S、P 之外，成年赛马的不同类群间，被毛矿物元素含量没有差异。本试验结果表明，肋数并不影响金川牦牛的被毛 Ca、Cu、Fe、K、Mg、Mn、Na、Zn 含量。

关于动物被毛矿物元素含量随年龄变化的研究一直鲜有报道。本试验结果表明，年龄可影响被毛 K 含量，6～8 岁被毛 K 含量显著高于其他年龄段，但是对 Ca、Cu、Fe、Mg、Mn、Na、Zn 含量没有显著影响。究其原因，可能是内稳态对于矿物元素的调节程度不同、对环境中的矿物元素的沉积不同、个体毛囊周围分泌腺所分泌的分泌物的不同导致的[5]，也可能如 Strain 等[18]报道的一样，年长动物沉积外界矿物元素的能力较年纪小的动物高，具体原因需进一步的研究。

3.3　血清、被毛矿物元素含量的相关性

现有的资料表明，被毛可从一定程度上反映动物机体的营养状态和健康状态，并可为某些疾病的检测提供依据[19]。已有的报道表明，血清与被毛矿物元素之间存在一定的相关性，可用被毛的矿物元素含量估算血清甚至动物机体的相应元素含量。Dastgheib 等[7]关于人的研究表明，血清与毛发中的 Zn、Cu、Fe 含量相关性极显著；而动物研究方面，Patra 等[8]对长期暴露于铅和镉环境中的奶牛的研究表明，血清与被毛中的 Zn 和 Fe 含量具有极显著的相关性，而 Cu 的相关性较低，而 Biricik 等[9]对标准赛马的研究发现，血清与被毛中 Fe 有显著的相关性，而 Cu、Zn 含量相关性不显著。与前人研究结果相似，本试验结果表明，

被毛 Ca、Cu、Fe、Mg、Zn 含量与血清中相应元素的含量相关性极显著。

3.4　金川牦牛矿物元素情况

矿物元素是机体极为重要的组成成分，承担着重要的生理功能，但是青藏高原的牦牛因为特殊的地理环境以及天然放牧的饲养方式，往往处于矿物元素不平衡状态。本文结合辛国省[2]对青藏高原东北缘的 4 个县(天祝、大通、玛曲、若尔盖)的牦牛上的研究以及 Underwood 等[20]和 Puls[21]提供的肉牛血清及被毛中正常的矿物元素含量范围进行讨论。

Na 和 K 是动物机体内维持细胞渗透压的矿物元素，然而辛国省[2]的研究表明，青藏高原牦牛血清 Na 含量低于临界值(3 105~3 220 mg/L[21])，血清 K 含量高于临界值(97 mg/L[21])。在本试验发现，金川牦牛血清 Na 含量低于临界值，而 K 含量高于临界值，与前人的研究结果相一致。由此可知，牦牛体内的 Na 含量处于匮乏状态，且细胞可能处于电解质失衡状态，影响牦牛的健康状态，因此非常有必要为放牧牦牛补充食盐。牧草中的 K 含量不能满足牦牛的生长需要，但是，牦牛血清 K 含量并不缺乏的原因可能是因为动物机体的“排 Na 保 K”机制造成的。

Ca 除了是骨骼的重要成分以外，还参与维护机体的健康，调节酶活性，参与神经肌肉活动和神经递质的释放等活动。辛国省[2]的研究表明，青藏高原牦牛血清 Ca 含量高于临界值（90 mg/L[20]），但是牧草中 Ca 的含量却不能满足牦牛的生长需要[饲粮干物质的 0.1%~0.5%,NRC（1996）]。同样地，本试验中的血清 Ca 含量也高于临界值。加之，Puls[21]的研究表明，肉牛被毛 Ca 含量为 0.1%~2.5%（干物质基础）。本试验的金川牦牛血清、被毛中的 Ca 含量均高于临界值，由此可推测，金川县的牦牛并不处于 Ca 缺乏状态。这与现有的报道相似，放牧的家畜很少出现 Ca 缺乏的现象[22]。

Mg 不仅在糖和蛋白质的代谢中起着重要的作用，而且能影响肌肉、神经的兴奋性，影响钾离子（K^+）和钙离子（Ca^{2+}）的转运，调控信号传递，且能参与能量代谢、蛋白质和核酸的合成等。根据辛国省[2]的研究可知，青藏高原部分地区（大通县和玛曲县）的牧草 Mg 含量不能满足牦牛的生长需要[饲粮干物质的 0.1%（NRC 1996）]，其他地区的牧草 Mg 含量是能够满足牦牛的生长需要的。且牦牛血清 Mg 含量高于临界值（25 mg/L[20]）。Puls[21]的研究表明，肉牛被毛 Mg 正常含量为 130~455 mg/kg DM。本试验发现，金川县多肋牦牛血清 Mg 含量为 20.77 μg/mL，被毛 Mg 含量为 277.69 μg/g。从中可知，金川县多肋牦牛血清 Mg 含量低于临界值，处于 Mg 缺乏状态，而被毛中则不存在缺乏现象。可能的原因是由于采样时牦牛采食的牧草处于成熟状态，而随着牧草的成熟，其体内的 Mg 含量降低[23]

导致的。并且，被毛的矿物元素含量较血清稳定，较难出现严重的波动，因此出现血清中 Mg 含量缺乏，而被毛中含量正常的现象。

Fe 在机体的很多代谢活动中都发挥着重要的作用，几乎存在于所有的细胞。其中最重要的就是血红蛋白和肌红蛋白，Fe 在这 2 种蛋白质中参与电子传递链和氧化反应。McDowell[24]表明，放牧的家畜很少会出现 Fe 的缺乏，一是因为牧草中 Fe 含量相对丰富，二是因为牧草上吸附的尘土可以增加一定的 Fe 的供给。且在辛国省[2]的研究中表明，青藏高原牧草的 Fe 含量是相当丰富的，能满足牦牛的生长需要[饲粮干物质的 50 mg/kg,NRC(1996）]，并且牦牛的血清 Fe 含量高于临界值（1.1 mg/L[24]）。且 Han 等[4]的研究表明，红原地区的牦牛血清 Fe 含量高于正常范围（0.5~1.0 ug/mL）。本试验同样发现，金川县牦牛血清 Fe 含量远远高于正常范围，但是被毛 Fe 含量在正常范围（59~200 mg/kg DM[21]）内。因此可推测，金川县的牦牛存在 Fe 过量的现象。

Cu 作为生物大分子的协调中心以及多种酶的酶促反应中心在动物体内发挥着重要的作用。辛国省[2]的研究中表明，青藏高原的牧草 Cu 含量是不能满足牦牛营养需要的[饲粮干物质的 10 mg/kg,NRC(1996）]，但是牦牛血清 Cu 含量高于 Cu 缺乏临界值（0.6 mg/L[24]），肝脏 Cu 含量却低于缺乏临界值（25 mg/kg[24]）。本试验中，牦牛血清 Cu 是处于缺乏状态的，与辛国省[2]的报道不一致。其原因可能是辛国省[2]的采样地点与我们不同导致。Hall 等[25]认为只有在肝脏 Cu 含量降低到一定含量以后，才会引起血清 Cu 含量的下降。加之金川牦牛被毛 Cu 含量也低于正常含量（6.7~32.0 mg/kg DM[22]）。因此，金川县牦牛可能处于严重的 Cu 缺乏状态。研究表明，反刍动物中高 Fe 会拮抗 Cu 和 Mn 元素的吸收[26-27]，Fe 的过量同样会加剧 Cu 的缺乏，因此很有必要为放牧金川牦牛补充适量 Cu。

Mn 和 Zn 作为畜禽必需矿物元素，在动物的生长、繁殖、疾病方面起着重要的作用。辛国省[2]的报道表明，青藏高原的牦牛不存在 Mn 和 Zn 的缺乏现象（均高于临界值 0.005、0.600 mg/L[21]）。本试验与辛国省[2]的报道一致。

本文仅研究了金川牦牛血清及被毛中矿物元素含量，要确认家畜是否存在该类矿物元素缺乏和不平衡问题，还需要进一步结合土壤、牧草和家畜组织矿物元素含量以及家畜的生产力水平。

4　结　论

①金川 14 肋与 15 肋牦牛矿物元素含量无显著差异。

②7~8 岁被毛中的 K 含量显著升高。

③牦牛被毛、血清 Ca、Cu、Fe、Mg、Zn 含量具有显著的相关性，可由被毛代替血清测定相应的元素含量。

④金川牦牛 Cu、Mg、Na 可能处于缺乏状态，而 Fe 处于过量状态。

参考文献：

[1] 艾鷖,文勇立,傅昌秀,等.金川多胸椎牦牛宰后肌肉矿物质、脂肪酸及肉色分析[J].食品科学,2013,34(16):251–256.

[2] 辛国省.青藏高原东北缘土草畜系统矿物质元素动态研究[D].博士学位论文.兰州:兰州大学,2008.

[3] LONG R J,DONG S K,WEI X H,et al.The effect of supplementary feeds on the bodyweight of yaks in cold season[J].Livestock Production Science,2005,93(3):197–204.

[4] HAN Z Q,LI R R,LI K,et al.Assessment of serum trace elements in diarrheic yaks (*Bos grunniens*) in *Hongyuan*,China[J].Biological Trace Element Research,2016,171(2):333–337.

[5] GABRYSZUK M,BARANOWSKI A,CZAUDERNA M,et al.Content of mineral elements in the blood plasma and wool of Booroola and Polish Merino sheep.(in Polish)[J].Biuletyn Magnezologiczny,2001,6(3):253–259.

[6] HASAN M Y,KOSANOVIC M,FAHIM M A,et al.Trace metal profiles in hair samples from children in urban and rural regions of the United Arab Emirates[J].Veterinary and Human Toxicology,2004,46(3):119–121.

[7] DASTGHEIB L,MOSTAFAVI-POUR Z,ABDORAZAGH A A,et al.Comparison of Zn,Cu,and Fe content in hair and serum in Alopecia Areata patients with normal group[J].Dermatology Research and Practice,2014,2014:784863.

[8] PATRA R C,SWARUP D,SHARMA M C,et al.Trace mineral profile in blood and hair from cattle environmentally exposed to lead and cadmium around different industrial units[J].Journal of Veterinary Medicine Series A,2006,53(10):511–517.

[9] BIRICIK H,OCAL N,GUCUS A I,et al.Seasonal changes of some mineral status in mares[J].Journal of Equine Veterinary Science,2005,25(8):346–348.

[10] MULLIS L A,SPEARS J W,MCCRAW R L.Effects of breed (Angus vs. Simmental) and copper and zinc source on mineral status of steers fed high dietary iron[J].Journal of Animal Science,2003,81(1):318–322.

[11] LITTLEDIKE E T,WITTUM T E,JENKINS T G.Effect of breed,intake,and carcass composition on the status of several macro and trace minerals of adult beef cattle[J].Journal of Animal Science,1995,73(7):2113–2119.

[12] 胜廷智,李鹏凤.高原型牦牛血清常量元素浓度研究[J].安徽农业科学,2013,41(15):6713,6766.

[13] 李莉,马森,沈明华,等.青海互助白牦牛 14 项血清生化指标测定[J].青海畜牧兽医学院学报,1995,12(2):22–24,27.

[14] 王桂华,秦琦,席耐,等.新疆巴州牦牛生理生化指标的测定[J].中国牦牛,1988(1):17–41.

[15] COMBS D K.Hair Analysis as an indicator of mineral status of livestock[J].Journal of Animal Science,1987,65(6):1753–1758.

[16] WELLS L A,LEROY R,RALSTON S L.Mineral intake and hair analysis of horses in Arizona[J].Journal of Equine Veterinary Science,1990,10(6):412–416.

[17] ASANO K,SUZUKI K,CHIBA M,et al.Twenty-eight element concentrations in mane hair samples of adult riding horses determined by particle-induced X-ray emission[J].Biological Trace Element Research,2005,107(2):135–140.

[18] STRAIN W H,PORIES W J,FLYNN A,et al.Trace element nutriture and metabolism through head hair analysis NIOSH/00151490[R].[S.l.]:[s.n.],1972:383–397.

[19] 秦俊法,李增禧,楼蔓藤,等.头发元素分析的科学意义及医学应用价值[J].广东微量元素科学,2005,12(5):1–60.

[20] UNDERWOOD E J,SUTTLE N F.The mineral nutrition of livestock[M].3rd ed.London:CABI,1999.

[21] PULS R.Mineral levels in animal health:diagnostic data[M].Clearbrook,British Columbia:Sherpa International,1988.

[22] MCDONALD I W.The nutrition of the grazing ruminant[J].Nutrition Abstracts and Reviews,1968,38:381–395.

[23] ALCROFT R,SCARNELL J,HIGNETT S L.A preliminary report on hypothyroidism in cattle and its possible relationship[J].Veterinary Record,1954(66):367.

[24] MCDOWELL L R.Minerals in animal and human nutrition[M].2nd ed.Amsterdam:Elsevier,2003.

[25] HALL J O.Appropriate methods of diagnosing mineral deficiencies in cattle[C]//Proceedings of the tri-state dairy nutrition conference.[S.l.]:[s.n.]2006:43–50.

[26] SPEARS J W.Trace mineral bioavailability in ruminants[J].The Journal of Nutrition,2003,133(5):1506S-1509S.

[27] HANSEN S L,ASHWELL M S,MOESER A J,et al.High dietary iron reduces transporters involved in iron and manganese metabolism and increases intestinal permeability in calves[J].Journal of Dairy Science,2010,93(2):656–665.

Effects of Rib and Age on Serum and Hair Mineral Contents and Correlation of Mineral Contents between Serum and Hair of *Jinchuan* Yak

XIAO Fang[1] TANG Cheng[1] WANG Quanhui[2] YANG Guoping[3] LAN Daoliang[1] LI Jian[1] HUANG Yanling[1*]

(1. *College of Life Science and Technology, Southwest University for Nationalities, Chengdu* 610041, *China*; 2. *Raise Livestock and Veterinary Office of Jinchuan, Jinchuan* 624100, *China*; 3. *Raise Livestock and Veterinary Service Center of Ruoergai County, Ruoergai* 624500, *China*)

Abstract: This study was conducted to measure the mineral contents in serum and hair of *Jinchuan* Yak, analysis the effects of rib and age on them and the correlation of mineral contents between serum and hair. Thirty two male yaks were divided into 8 groups using two-factors repeated measures by rib [14 ribs（*n*=17） and 15 ribs（*n*=15）] and age [0 (birth) to 2 years old（*n*=10）, 3 to 4 years old （*n*=11）, 5 to 6 years old （*n*=5）, 7 to 8 years old （*n*=6）]. Serum and hair samples were collected to determine mineral contents. The results showed as follows: 1） mineral [calcium (Ca), copper (Cu), ferrum (Fe), kalium (K), magnesium (Mg), manganese (Mn), natrium (Na) and zinc (Zn）] contents in serum were not affected by rib, age and their interaction (P>0.05). 2) Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Na and Zn contents in hair were not affected by rib (P>0.05); K content was affected by age, and 7 to 8 years old was significantly higher than the other ages (P<0.05), but the other mineral contents were not significantly affected by age and the interaction of age and rib (P>0.05). 3) There were significant correlations of Ca, Cu, Fe, Mg and Zn contents between serum and hair (P<0.01), and correlation coefficients were 0.623 0, 0.539 8, 0.569 2, 0.468 4, 0.505 3, respectively, but there were no significant correlations of K, Mn and Na contents between serum

*Corresponding author, professor, E-mail:swunylh@163.com (责任编辑 王智航)

and hair (P>0.05). It is indicated that there is no significant difference of mineral content between 14 ribs and 15 ribs *Jinchuan* yak; mineral contents of 7 to 8 years old yak have significantly higher K content in hair; there are significant correlations of Ca, Cu, Fe, Mg and Zn contents between serum and hair, and hair can be used to measure their contents instead of serum; *Jinchuan* yak maybe at Cu, Mg, Na deficiency, while Fe at excess conditions.

Key words: *Jinchuan* yak; serum; hair; mineral content